

Az olajos magvak felhasználásának lehetősége a tejelő tehenek takarmányozásban

Süli Ágnes¹ – Béri Béla² – Csapó János³ – Vargáné Visi Éva³

¹Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Kar,

Takarmányozástani és Műszaki Intézet, Hódmezővásárhely

²Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,
Állattudományi, Biotechnológiai és Természetvédelmi Intézet, Állattenyésztési Tanszék, Debrecen

³Kaposvári Egyetem Állattudományi Kar,

Kémia-Biokémia Tanszék, Kaposvár

suli@mgk.u-szeged.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Az egészségmegőrző táplálkozás előtérbe kerülésével a tej zsírsavösszetételének módosítására irányuló törekvések is felerősödtek. Kísérletünkben azt vizsgáltuk, hogy egy természetes alapanyagú takarmány kiegészítő, mint az olajos mag, milyen mértékben képes befolyásolni a szarvasmarhák tejének zsírsavösszetételét. További információkat szereztünk arról, hogy az olajos magvak adott mennyiségben való etetése a gyakorlatban is beilleszthető-e egy nagyüzemi tejtermelő telep technológiájába. Az etetett takarmány kiegészítések egész, kezeletlen repcemag és az egész, kezeletlen lenmag voltak, a total mixed ration részeként. A repcemag kiegészítésnél a telített zsírsavak esetében a legjelentősebb változás a kaprilsav, a kaprinsav, az undekánsav, a laurinsav, a mirisztinsav, és a sztearinsav koncentrációjában volt megfigyelhető. A telített zsírsavak közül az olajsav aránya nőtt jelentős mértékben. Az egész lenmag etetésének vizsgálatakor a tejzsír telített zsírsavai közül számos zsírsav (kaprilsav, kaprinsav, laurinsav, mirisztinsav, palmitinsav) koncentrációja csökkent. Az olajsav, az α -linolénsav, c9t11 konjugált linol-sav és az eikozadiénsav zsírsavak mennyisége pedig határozott növekedést mutatott a lenmag etetését követően. A vizsgálatainkat motiválta egy a megváltozott fogyasztói igényeket is kielégítő élelmiszer előállításának lehetősége.

Kulcsszavak: lenmag, repcemag, tej zsírsav, tej zsírsav-összetétel

SUMMARY

The efforts to modify the fatty acid composition of milk have intensified with health conscious nutrition coming to the forefront. This experiment of ours was designed to investigate to what extent the natural-based feed additives, such as oilseeds, can influence the fatty acid composition of cow's milk. Further information was gained about feeding of oilseeds in specific amounts to be fitted into the technology of a large-scale dairy farm in practice. The feed supplements were whole, untreated rapeseed and whole, untreated linseed, as part of a total mixed ration. In case of saturated fatty acids when supplementing with whole rapeseed the most significant change was observable in the concentration of the caprylic acid, capric acid, undecylic acid, lauric acid, myristic acid, stearic acid. In case of unsaturated fatty acids the quantity of oleic acid enhanced considerably. When observing the feeding with whole linseed the concentration of many saturated fatty acids lowered (caprylic acid, capric acid, lauric acid, myristic acid, palmitic acid). The quantity of some unsaturated fatty acids was showing a distinct rise after feeding with linseed, this way the oleic acid, α -linolenic acid, conjugated linoleic acid, eicosadienoic acid. The aim of the study was to produce food which meets the changed demands of customers, as well.

Keywords: linseed, rapeseed, milk fatty acid, composition of milk fatty acid

BEVEZETÉS

A táplálék fogalma folyamatosan változik, ahogy a múltban csak a túlélést és az éhségérzet megszüntetését célozta, úgy napjainkban a hangsúly az egészség megőrzésére, a betegségek kialakulási kockázatának csökkentésére helyeződött. Ma már az élelmiszer nem csak, mint tápanyagforrás jelenik meg az ember táplálkozási gyakorlatában, hanem többlet funkcióval bíró, hozzáadott értékkel rendelkező termék. A funkcionális termékek iránti igény megjelenésével új kutatási irányok nyíltak meg a mai mezőgazdasági termelésben és élelmiszer-előállításban egyaránt. A különböző élelmiszerek, és élelmiszerkomponensek fejlesztésének iránya azok természetes egészségvédő hatását célozza. Az egészségtudatos táplálkozás térnyerését elősegítette a civilizációs betegségek kockázati tényezőinek felismerése, valamint a megváltozott életmód okozta betegségek és az optimális táplálékfelvétel közötti kapcsolat tanulmányozása. Az utóbbi évtizedek tudatos fogyasztói

tói magatartás kialakulásának és a fogyasztók tájékozottságának eredményeképpen az élelmiszerekkel, így a tejjel és tejtermékekkel szemben támasztott fogyasztói igények is átalakultak. Az élelmiszerek táplálkozás biológiai értéke, a zsírtartalomra, a zsírsav-összetételre, a koleszterintartalomra, vitamin- és ásványi anyag tartalomra és a bioaktív anyagok mennyiségére és minőségére is nagyobb hangsúly helyeződött. Az egészségmegőrző táplálkozás előtérbe jutásával az állati termékek telített és telítetlen zsírsavtartalmának és azok egymáshoz való arányának vizsgálata is felértékelődött. Az egészségvédő élelmiszerek tárgyalásakor a tej és tejtermékek minden esetben képviseltetik magukat.

Magyarországon – akárcsak az Európai Unióban – iparági felbontásban a tejipar gyártja a legtöbb funkcionális élelmiszert, majd a sorban következnek a sütőipari és a növényolaj-ipari termékek (Szakály és Berke, 2004). Bizonyítottan kedvező élettani hatásai folytán a tejnek egészségmegőrző szerepe van, a szervezet immunrendszerét javíthatja, a táplálkozással összefüggő

betegségek javarésztét illetően pedig betegségmegelőző hatása is kimutatható (Bíró és Antal, 2002). Mansbridge és Blake (1997) összefoglaló cikke számos megállapítást és kísérleti gyakorlatot mutat be a takarmányozás és a tej zsírsavösszetétele közötti összefüggés területén. Tapasztalatuk szerint előtérbe került az egész olajos magvak vagy azok olajainak felhasználása, mint olaj-, linol- és linolénsav forrás a takarmányokban. Meggyőződésük, hogy a tej, a természetes eredetű táplálékforrások közül, az egyik legfontosabb a szervezet egyensúlyának fenntartása szempontjából, ugyanakkor a nagy mennyiségű telített zsírsav tartalma hátrányként jelenik meg a modern táplálkozási elvárások tekintetében.

Demeyer és Doreau (1999) hasonló meglátáson van, hogy mind a tej- és tejtermékek, mind a szarvasmarha húsa az egészségtudatos táplálkozás negatív kereszttüzeiben szerepel, főként természetes telített zsírsavtartalmuk miatt. Schmidt (1999) felhívja a figyelmet, hogy a tej legmobilabb, a takarmányozásban bekövetkezett változásokra leginkább reagáló komponense a tejszír. A takarmányozás nemcsak a tej zsírtartalmát befolyásolja, hanem általa a tej zsírsavösszetétele (azaz a tejszír minősége) is szabályozható. Az etetett zsír helyes megválasztásával a tej zsírsavösszetétele jelentősen közelíthető a humán zsírsavigényhez. Gundel (2006) azon a véleményen van, hogy kiemelkedő szerep jut a takarmányozásnak, mint a termelési feltételek közül annak, amelyiknek legnagyobb hatása lehet a genetikailag rögzített képességek kihasználására.

Fébel és Várhegyi (2007) irodalmi adatokra hivatkozva megállapítja, hogy a legeltetés, a zöldtakarmányok etetése, a megfelelő tömegtakarmány és abrak arányú fejadag alkalmazása, valamint az olajos magvak adagolása lehetővé teszi a kedvezőbb zsírsavösszetételű tej előállítását. Pulina et al. (2006) hasonló módon megvalósíthatónak látják a tej zsírsavösszetételének módosítását úgy, hogy az nagyobb arányban tartalmazzon n-3 zsírsavakat. Steele et al. (1971) publikálták, hogy az eltérő zsírsavösszetétellel rendelkező különböző, magas olajtartalmú magok alkalmazása mint takarmány kiegészítő, a tej zsírsavösszetételének alakulásában eltérő eredményekhez vezetett. Véleményük szerint az olajos magvak alkalmazása egy lehetséges alternatívát jelent a bendőbeli hidrogénezési folyamattól való védelemben. Megállapították, hogy minél nagyobb fokú ez a védelem, azaz az olajos magvak adagolása, szemben azok olajainak felhasználásával, annál alacsonyabb az olajsav (C18:1) szint és magasabb sztearinsav (C18:0) és a linolsav (C18:2) szint.

Fébel és Várhegyi (2007) szintén rámutatnak, hogy napjaink kutatásainak jelentős része irányul arra, hogy a tej zsírsavösszetételét a humán-egészségügyi szempontoknak megfelelően befolyásolják, azaz szűkítsék az n6:n3 zsírsavak arányát és növeljék a konjugált linolsav részarányát. Csapó et al. (2003) rámutattak a tej konjugált linolsav tartalmát befolyásoló tényezőkre, amelyek közül a tartásmód és az évszak hatása is takarmányozási okokra vezethető vissza. Rego et al. (2009) kísérletükben repce-, napraforgómag- és lenolajat alkalmaztak a takarmány kiegészítéseként. Az olajok

0,5 kg-os dózisú takarmány kiegészítőként való alkalmazása sem a termelt tej mennyiségében, sem a termelt tej fehérje-mennyiségében és tartalmában nem okozott változást. A repceolaj és a napraforgómag olaj csökkentette a tejszír mennyiségét és zsírsavösszetételt, ezzel szemben a lenmagolaj érdemi változást nem eredményezett egyik paraméterben sem. Mindhárom kiegészítés hozzájárult az alacsonyabb rövid-, és közepes szénláncú zsírsav arányhoz.

Caroprese et al. (2009, 2010) nemcsak a zsírsavösszetétel változását vizsgálták munkájuk során, hanem adott hőmérsékleti körülmények között az állatok immunválaszát is. A többszörösen telítetlen zsírsavakat egész lenmag és halolaj kapszula formában adagolták a takarmányhoz. Vizsgálatuk eredményeként kijelentették, hogy a takarmány kiegészítő által tartalmazott telítetlen zsírsavak javították a tehenek immunválasz-készségét magas hőmérsékleti körülmények között. Eredményeik alapján kijelentették, hogy a lenmag kiegészítés képes javítani a tej összetételét és táplálkozási tulajdonságait. A vizsgálataik során a lenmag kiegészítés pozitív hatást gyakorolt a tej zsírsavösszetevőire, csökkentette a telített és növelte a telítetlen zsírsavak arányát. Feltételezéseiket igazolta a tej n-3 telítetlen zsírsavtartalmának szignifikáns növekedése is. Lawless et al. (1998) a tej konjugált linolsav tartalmának változását vizsgálták. A takarmány kiegészítőként adagolt full fat szója és full fat repcemag a c9,t11 izomer koncentrációját szignifikánsan növelte. Petit (2002 és 2003) két kísérletében is igazolta, hogy a takarmány lenmag kiegészítésével hatékonyan lehet szűkíteni a tej n-6:n-3 arányát, valamint mindkét kísérletben tapasztalta a tej fehérjetartalmának növekedését a lenmag kiegészítés eredményeként.

Petit et al. (2004) vizsgálatukban napraforgómag és lenmag kiegészítés tejtermelésre és tejösszetevőkre gyakorolt hatását kutatva megfigyelték, hogy a napraforgómag kiegészítés a linolsav tartalmát, a lenmag kiegészítés, pedig a linolénsav koncentrációt növelte a tejben. Oba et al. (2009) szerint a feldolgozatlan, egész lenmag célravezetőbb az alfa-linolénsav koncentrációjának növelésére, mint a feldolgozott, roppantott lenmag. A szerzők véleménye, hogy az a külső héj, amivel az egész, még sértetlen lenmag rendelkezik, részleges védelmet biztosít az alfa-linolénsavnak a bendőben történő mikrobiális metabolizmus ellen. Ezt bizonyíthatja az a tény, hogy kísérletükben a vakcénsav koncentrációja, azaz a bendőben folyó biohidrogénezés köztes terméke, a feldolgozott lenmagot fogyasztó tehenek esetében magasabb volt, mint a feldolgozatlan lenmagos csoportnál. Ebből azt a következtetést vonták le, hogy a telítetlen zsírsavak a feldolgozott lenmagos csoportba tartozó tehenek bendőjében nagyobb mértékben biohidrogéneződtek, mint az egész, nyers lenmagos csoportnál. Továbbá statisztikailag igazolták, hogy mind a feldolgozott, roppantott lenmag, mind a feldolgozatlan, nyers lenmag háromszorosára növelte a tejszír alfa-linolénsav koncentrációját. Hurtaud et al. (2010) az extrudált lenmag etetett mennyiségének növelésével próbálták befolyásolni a tej és a vaj összetételét és tulajdonságait. Az extrudált lenmag mennyiségének növelésével egyenes arányban nőtt a tej telítetlen zsírsavainak, és transz-zsírsavainak aránya a

tejben, valamint csökkent a tej zsírtartalma. Ugyanakkor a lenmag kiegészítés nem gyakorolt szignifikáns hatást sem a vaj színére, sem érzékszervi tulajdonságaira.

Zachut et al. (2010) n-3 zsírsavakban gazdag, extrudált lenmagot etetettek holstein-fríz tehennel, a laktációra való felkészítés időszakában és a laktáció kezdetekor. Az extrudált lenmag kiegészítést minden nap, a laktáció első 100 napjáig etették, 1 kg-os adagokban. Az eredmények alapján kijelentették, hogy az extrudált lenmag etetése, a laktációra való felkészülés ideje alatt, nagyobb arányú szárazanyag bevitelt eredményezett, valamint a tejtermelés növekedését, és a tejszír tartalom csökkenését vonta maga után. A tejtermelés 6,4%-kal volt magasabb, a zsírtartalom 0,4%-kal volt alacsonyabb a kísérleti csoport teheneinek eredményei alapján. Összevetve a kontroll és a kísérleti csoport adatait, a kísérleti csoport egyedeinek vérplazmájában és zsírszövetében nagyobb arányban volt jelen a C18:3n-3 zsírsav. Az n-3 zsírsavak aránya a tejszírban 3,7-szeresen magasabb volt az extrudált lenmagot fogyasztó tehennél. Az n-6:n-3 arány a kísérleti csoport esetében jelentősen szűkült, a kontroll csoport eredményeihez képest. A szerzők megállapították továbbá azt is, hogy a C18:3n-3 zsírsavak koncentrációjának növekedése nagyobb az alacsonyabb tejszír-tartalmú tehennél. Schmidt et al. (2008) szerint a linol- és linolénsavban gazdag zsírkiegészítések esetén a takarmány és a tej zsírsavösszetétele közötti összefüggés korrelációs együtthatója (r) 0,68 volt. Ez utóbbi eredmény azt bizonyítja, hogy a tej zsírsavösszetétele kérdődzőkben is befolyásolható a takarmányozással.

A táplálkozástudományon túl számos más területet, így a mezőgazdasági termelést is érinti az élelmiszerek új, rohamosan fejlődő területe, a funkcionális élelmiszerek előállítása, termelése, gyártása és fejlesztése, amely a funkcióközpontosságot hangsúlyozza, szemben az eddig bevett termékfókuszú szemlélettel. Kutatómunkánkat motiválta, hogy a takarmány megfelelő zsírkiegészítésével növelhető a többszörösen telítetlen zsírsavak mennyisége, valamint szűkíthető az n-6:n-3 zsírsavak aránya a tejben. Kísérleteink során vizsgáltuk, hogy egy természetes alapanyagú takarmány kiegészítő, mint az olajos mag, hogyan, milyen mértékben képes befolyásolni a szarvasmarhák tejének zsírsavösszetételét, valamint, hogy adott mennyiségű olajos mag etetése beilleszthető-e a tejelő tehének takarmányozásába, nagyüzemi technológiai körülmények között. Jelen takarmányozási kísérletünk arra irányult, hogy egész, kezeletlen repcemag és az egész, kezeletlen lenmag etetése tejtermelő tehennel milyen hatást gyakorolt a tej zsírsavösszetételére. Célunk a megfelelő természetes alapanyagú takarmány kiegészítő kiválasztását követően, azt adott technológiai körülményekre illesztve, egy megváltozott zsírsav-összetételű tej előállítása. Mind az egész repcemag, mind az egész lenmag adagolása során feltételeztük, hogy az olajos magvakat azok természetes külső burka megóvjá a bendőben zajló biológiai hidrogénezési folyamatoktól, így azok természetes telítetlen zsírsav tartalma felszabadulhat a poszttruminális szakaszban. Védeltségé elmarad a mesterségesen előállított zsírokétól, azonban kevésbé zavarja a bendőfermentációt, mint a kezeletlen növényi olajok.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérleteink két különböző olajos mag etetésének vizsgálatára irányultak. A kísérleti takarmány kiegészítő etetésének helyszínei az intenzíven termelő, nagyüzemi holstein-fríz állománnyal rendelkező Biharnagybajomi Dózsa Agrár Rt. és a Földesi Rákóczi Mezőgazdasági Kft. telepe voltak. Mindkét telepen a hazai nagyüzemi átlaglétszámnak megfelelő állomány méret volt (Biharnagybajomi Dózsa Agrár Rt. 620, Földesi Rákóczi Mezőgazdasági Kft. 500).

Az egész, kezeletlen repcemag etetése a Földesi Rákóczi Mezőgazdasági Kft. telepén, 2009 július hónapban történt. A kiegészítést 1 kg-os mennyiségben, a teljes takarmánykeverékhez adagolva biztosítottuk az állatoknak.

Az egész, kezeletlen lenmag etetése a Biharnagybajomi Dózsa Agrár Rt. telepén, 2009 július hónapban történt. A kiegészítést 1 kg-os mennyiségben, a teljes takarmánykeverékhez adagolva biztosítottuk az állatoknak.

Az etetés időtartama négy hét volt. Az etetés előtt egy hetes előkészítő etetést iktattunk be. Az előkészítő etetés takarmány kiegészítője mind a két telep esetében a kísérletben adagolt olajos mag volt, kisebb dózisban. A telepeken etetett takarmányadagok a telepek eltérő takarmányozási gyakorlatát tükrözték. Mind a két telep esetében az általuk alkalmazott takarmányozási módszer kiegészítése történt. A kísérlet egyik célja, az olajos magvak használatának a nagyüzemi sajátosságokhoz, így az eltérő takarmányozási rendszerekhez való adaptációs lehetőség gyakorlatba történő átültetése volt.

A kísérletbe vont állatok első laktációs egyedek voltak, a laktáció középső és utolsó szakaszában (150–300 nap). A kísérlet során, 15 egyedtől, a mintavétel szabályainak megfelelően, a kísérleti etetés megkezdése előtt és a kísérleti etetést követően véletlenszerűen vettünk elegendő tejmintát, így azok önmaguk kontrolljai voltak.

A tejminták zsírsav analízisét a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karának Analitikai Laboratóriuma végezte el. A mintákból a szabványos módszerekkel meghatároztuk a tej zsírtartalmát, majd a származékképzést követően gázkromatográfiás analízissel a zsírsav-összetételt.

Az értékelés során elemeztük a telített és telítetlen zsírsavak mennyiségét, valamint vizsgáltuk, hogy az eltérő zsírsav-összetétellel rendelkező két különböző olajos mag kiegészítés, feldolgozatlan formában, hogyan befolyásolta az előző havi kontroll paraméterekhez képest a tej zsírsavösszetételét. A statisztikai vizsgálat során páros t-próbát végeztünk, az SPSS for windows 17.0 programcsomaggal.

A telepeken etetett takarmányadag összeállítását az 1. táblázat ismerteti. Az etetés során felhasznált egész repcemag és egész lenmag zsírsav-összetételét a 2. táblázat mutatja be.

A 2. táblázat adatai jelentős eltéréseket mutatnak a két olajos mag, a repcemag és a lenmag zsírsav-összetételében. Az egész repcemag olajsavtartalma több mint kétszerese a lenmag olajsavtartalmának. Az egész lenmagban pedig a jelentős mennyiségben jelen levő α -linolénsav tartalom mutat hasonló nagyságrendet, mint a repcemag olajsavtartalma. A linolsav mennyisége mindkét olajos mag esetében kiemelkedő.

1. táblázat

Az etetett takarmányadagok (kg/nap)

Takarmány(1)	Repcemaggal kiegészített takarmányadag(2)	Lenmaggal kiegészített takarmányadag(3)
Táp 1.(4)	8,5	6
Kukorica(5)	0	1,8
HuniLac B(6)	0	1
Szilázs(7)	20	18
Szenázs(8)	4	3
Lucerna széna(9)	3	5
Egész repcemag(10)	1	0
Egész lenmag(11)	0	1
Árpa szalma(12)	0	0,4
Rétiszéna(13)	1	1,2
Kukoricatörköly(14)	0	6
Amygold 40(15)	4	0
Bálás olaszperje(16)	0	4
Melavite SG95(17)	0,8	0
Bospro(18)	1	0

Table 1: Given feed portion

Forage(1), Whole rapeseed supplemented feed(2), Whole linseed supplemented feed(3), Feed(4), Maize(5), HuniLac B(6), Silage(7), Pre-wilted silage(8), Alfalfa hay(9), Whole rapeseed(10), Whole linseed(11), Barley straw(12), Meadow hay(13), Maize marc(14), Amygold(15), Italian ryegrass in bale(16), MelaviteSG95(17), Bospro(18)

2. táblázat

Lenmag és repcemag zsírsav-összetétele zsírsav-metilészter (%)

Zsírsavösszetétel (Zsírsav-metilészter%)(1)	Repcemag(2)	Lenmag(3)
Laurinsav(4)	0,02	non-detectable
Mirisztinsav(5)	0,10	0,07
Pentadekánsav(6)	0,04	0,02
Palmitinsav(7)	5,18	5,47
Palmitoleinsav(8)	0,22	0,05
Margarinsav(9)	0,06	0,08
Sztearinsav(10)	1,93	3,01
Olajsav(11)	57,39	18,53
Linolsav(12)	19,6	14,96
Arachidinsav(13)	0,61	0,12
δ-linolénsav(14)	0,05	0,21
Eikozénsav(15)	1,58	0,16
α-linolénsav(16)	8,06	55,98
Eikozadiénsav(17)	0,10	0,06
Behénsav(18)	0,34	0,12
Eikozatriénsav(19)	non-detectable	0,04
Arachidonsav(20)	0,03	0,02

Table 2: Chemical composition of rapeseed and linseed

Fatty acid composition(1), Whole rapeseed(2), Whole linseed(3), Lauric acid(4), Myristic acid(5), Pentadecylic acid(6), Palmitic acid(7), Palmitoleic acid(8), Margaric acid(9), Stearic acid(10), Oleic acid(11), Linoleic acid(12), Arachidonic acid(13), γ-linolenic acid(14), Eicosenoic acid(15), α-linolenic acid(16) Eicosadienoic acid(17), Behenic acid(18), Eicosatrienoic acid(19), Arachidonic acid(20)

EREDMÉNYEK

Egész kezeletlen repcemag etetés

A repcemag etetésekor a tejszír zsírsav-összetételének változását vizsgáltuk. A repcemag kiegészítés tejmintáinak telített zsírsav eredményeit a 3. táblázat ismerteti.

Takarmányozási kísérletünkben, az egész repcemag etetésének hatására kiemelkedő, szignifikánsan is bizonyítható változást a legnagyobb mennyiségben jelenlevő telített zsírsavak közül a sztearinsav, valamint a mirisztinsav, laurinsav, undekánsav, kaprinsav és kaprilsav koncentrációjában tudtunk előidézni. Adataink Murphy et al. (1995 a,b) tapasztalataival egyezően alakultak, akik több etetési kísérletet végeztek repcemaggal és egyéb takarmány kiegészítővel a tejszír zsírsav-összetételének vizsgálata céljából. Egyik etetési kísérletünkben full fat szóját és repcét etettek több, különböző adagban és eltérő koncentrációban. A full fat repcét eltérő koncentrációban adagolták az állatoknak. A tej zsírsav-összetevői közül számos telített zsírsav mennyisége csökkent, ugyanakkor a telítetlen zsírsavak közül is több redukálódott az etetést követően.

A repcemag kiegészítést kapott egyedek tejének átlagos telítetlen zsírsavösszetételét mutatja be a 4. táblázat. A telítetlen zsírsavak közül az olajsav arányában volt bizonyítható szignifikáns eltérés. Az olajsavra vonatkozó szignifikáns eltérést Murphy (1990, 1995a,b) több munkája is igazolja.

Egész, kezeletlen lenmag etetés

Az 5. táblázat adatai megerősítik Petit és Côtés (2010) kísérletének eredményeit, amelyben egész és őrölt lenmagot adagolt tejelő teheneknek. Az etetést követően a tejszír telített zsírsavai közül a palmitinsav (C16:0) alacsonyabb arányban, a sztearinsav (C18:0) pedig magasabb arányban volt jelen mind Petit (2010), mind saját kísérletünkben.

A 6. táblázat az egész lenmag átlagos telítetlen zsírsav-összetételre gyakorolt hatását mutatja be. Eredményeink részben összhangban vannak Weil et al. (2002) kutatásaival, akik vizsgálatukban rámutattak arra, hogy az extrudált lenmag etetés következményeként a telített zsírsavak közül csökkent a palmitinsav és nőtt a sztearinsav tartalom, valamint a telítetlen zsírsav-összetételben linol-, és alfa-linolénsav és a linolsav c9,t11 koncentrációja mutatott erőteljes növekedést. Statisztikailag igazolhatóan változásokat értünk el a lenmag etetéssel a tejszír palmitinsav koncentrációjában, amely csökkent, és a sztearinsav tartalomban, amely nőtt az etetést követően. A telítetlen zsírsavak közül az eikozadiénsav növekedésén túl, az olajsav, az alfa-linolénsav, és a linolsav c9,t11 izomer tartalomban volt statisztikailag is igazolható változás. Az egész lenmag kiegészítést követően a telítetlen zsírsavak közül a linolsav-tartalomban nem tapasztaltunk érdemi változásokat, amely Collomb et al. (2004) kísérleti eredményeivel vethető össze. Takarmányozási kísérletünkben roppantott repcemagot, napraforgómagot és lenmagot adagoltak 1 kg-os mennyiségben 2 héten át az állatoknak, majd a napraforgó és a lenmag etetett adagját megemelték 0,4 kg-mal, még további egy héten át. Ezt követően a zsírsav-összetétel vizsgálata során a linolsav tartalomban ez a munkacsoport sem tapasztalt szignifikánsan is értelmezhető változást.

3. táblázat

Egész repcemag kiegészítés hatása a termelt tej telített zsírsavösszetételére a zsírsav-metilészter (%)

Zsírsavak(1)	Etetés előtt (n=15)(2)	Etetés után (n=15)(3)	t(4)	Szignifikancia(5)
	$\bar{X} \pm s$	$\bar{X} \pm s$		
Nyers zsír %(6)	3,47±2,09	3,75±0,34	1,720	0,161
Kaprinsav(7)	1,10±0,09	1,06±0,08	0,794	0,472
Kaprilsav(8)	1,03±0,07	0,91±0,06	4,686	0,009**
Kaprinsav(9)	3,03±0,19	2,52±0,17	9,175	0,001**
Undekánsav(10)	0,29±0,04	0,27±0,02	2,994	0,040*
Laurinsav(11)	3,92±0,26	3,24±0,20	10,254	0,001**
Tridekánsav(12)	0,20±0,04	0,18±0,02	1,265	0,275
Mirisztinsav(13)	12,53±0,47	11,38±0,43	14,884	0,000**
Pentadekánsav(14)	1,16±0,15	1,05±0,06	2,319	0,081
Palmitinsav(15)	34,35±1,69	34,75±1,23	0,836	0,450
Margarinsav(16)	0,76±0,03	0,69±0,10	1,554	0,195
Sztearinsav(17)	10,06±0,79	8,86±0,50	3,594	0,023*
Arachidinsav(18)	0,16±0,01	0,19±0,08	0,907	0,416
Heneikozánsav(19)	0,05±0,01	0,06±0,02	0,667	0,541
Behénsav(20)	0,10±0,004	0,10±0,02	0,232	0,828

Megjegyzés: ** P<1%, * P<5%

Table 3: The effect of the whole rapeseed supplement on the saturated fatty acid composition in fatty acid methyl ester (%)

Fatty acids(1), Control(2), Whole rapeseed(3), t-value(4), Significance (%) (5), Crude fat(6), Caproic acid(7), Caprylic acid(8), Capric acid(9), Undecylic acid(10), Lauric acid(11), Trydecylic acid(12), Myristic acid(13), Pentadecylic acid(14), Palmitic acid(15), Margaric acid(16), Stearic acid(17), Arachidic acid(18), Heneicosylic acid(19), Behenic acid(20), Note: ** P<1%, * P<5%

4. táblázat

Egész repcemag kiegészítés hatása a termelt tej telítetlen zsírsavösszetételére a zsírsav-metilészter (%)

Zsírsavak(1)	Etetés előtt (n=15)(2)	Etetés után (n=15)(3)	t(4)	Szignifikancia(5)
	$\bar{X} \pm s$	$\bar{X} \pm s$		
Mirisztóleinsav(6)	0,90±0,13	0,98±0,13	1,543	0,198
Palmitóleinsav(7)	1,66±0,20	1,80±0,39	1,305	0,262
Elaidinsav(8)	1,53±0,26	1,40±0,32	0,614	0,573
Olajsav(9)	18,17±1,06	19,56±1,05	4,996	0,008**
Linolsav(10)	2,57±1,11	2,60±0,21	0,383	0,721
γ-linolénsav(11)	0,03±0,01	0,05±0,04	1,692	0,166
Eikozénsav(12)	0,05±0,004	0,07±0,02	2,449	0,070
α-linolénsav(13)	0,39±0,01	0,45±0,09	1,573	0,191
Linolsav c9t11(14)	0,33±0,01	0,49±0,12	2,606	0,060
Eikozadiénsav(15)	0,05±0,01	0,04±0,02	0,408	0,704
Eikozatriénsav(16)	0,16±0,02	0,15±0,02	1,429	0,226
Arachidonsav(17)	0,25±0,03	0,24±0,03	0,967	0,388
Dokozapentaénsav(18)	0,90±0,13	0,98±0,13	1,543	0,198

Megjegyzés: ** P<1%, * P<5%

Table 4: The effect of the whole rapeseed supplement on the unsaturated fatty acid composition in fatty acid methyl ester (%)

Fatty acids(1), Control(2), Whole rapeseed (3), t-value(4), Significance (%) (5), Myristoleic acid(6), Palmitoleic acid(7), Elaidic acid(8), Oleic acid(9), Linoleic acid(10), γ-linolenic acid(11), Eicosenoic acid(12), α-linolenic acid(13), Linoleic acid c9t11(14), Eicosadienoic acid(15), Eicosatrienoic acid(16), Arachidonic acid(17), Docosapentaenoic acid(18), Note: ** P<1%, * P<5%

KÖVETKEZTETÉSEK

Takarmányozási kísérletünk során azt vizsgáltuk, hogy egy természetes alapanyagú takarmány kiegészítő, mint az olajos mag, adaptálható-e nagyüzemi technológiai körülmények között a tejelő tehenek takarmányozásába. Értékeljük, hogy a lenmag és a repcemag zsírsavösszetétele hogyan befolyásolja a szarvasmarhák tejének zsírsavösszetételét. A kísérlet beállítása során feltételeztük, hogy az olajos magvakat azok természetes külső burka megóvjá a bendőben zajló biológiai hidrogénezési folyamatoktól, így azok természetes telítetlen zsírsav-tartalma felszabadulhat a posztruminális szakaszban.

Az etetett takarmány kiegészítők a total mixed ration részeként kerültek kijuttatásra. Igazolódott, hogy az olajos magvak adagolása a tejelő tehenek takarmány-adagjához a gyakorlatban is kivitelezhető.

A szakirodalom alapján a tej zsírtartalmának csökkenése volt várható, azonban ezt az olajos magvak etetését követően nem tapasztaltuk.

Az egész, kezeletlen repcemag etetését követően a változással reagáló telített zsírsavak mind csökkenő tendenciát mutattak. A kaprilsav, a kaprinsav, az undekánsav, a laurinsav, a mirisztinsav, valamint a sztearinsav tartalom is redukálódott.

5. táblázat

Egész lenmag kiegészítés hatása a termelt tej telített zsírsavösszetételére a zsírsav-metilészter (%)

Zsírsavak(1)	Etetés előtt (n=15)(2)	Etetés után (n=15)(3)	t(4)	Szignifikancia(5)
	$\bar{X} \pm s$	$\bar{X} \pm s$		
Nyers zsír %(6)	3,21±0,34	3,44±0,30	1,062	0,348
Kaprinsav(7)	0,95±0,05	0,93±0,09	0,395	0,713
Kaprilsav(8)	0,81±0,03	0,72±0,09	2,918	0,043*
Kaprinsav(9)	2,25±0,19	1,93±0,22	4,212	0,014*
Undekánsav(10)	0,23±0,03	0,23±0,06	0,071	0,947
Laurinsav(11)	2,90±0,28	2,39±0,27	7,457	0,002**
Tridekánsav(12)	0,17±0,03	0,16±0,02	1,633	0,178
Mirisztinsav(13)	10,89±0,39	8,98±1,22	4,606	0,010*
Pentadekánsav(14)	1,10±0,14	1,00±0,06	2,012	0,115
Palmitinsav(15)	29,11±1,69	26,95±1,81	5,409	0,006**
Margarinsav(16)	0,66±0,04	0,57±0,06	3,807	0,019*
Sztearinsav(17)	11,82±0,86	12,75±0,46	3,003	0,040*
Arachidinsav(18)	0,16±0,01	0,17±0,01	2,746	0,052*
Heneikozánsav(19)	0,05±0,01	0,05±0,02	0,196	0,854
Behénsav(20)	0,08±0,01	0,15±0,04	4,811	0,009**

Megjegyzés: ** P<1%, * P<5%

Table 5: The effect of the whole linseed supplement on the saturated fatty acid composition in fatty acid methyl ester (%)

Fatty acids(1), Control(2), Whole linseed(3), t-value(4), Significance (%) (5), Crude fat(6), Caproic acid(7), Caprylic acid(8), Capric acid(9), Undecylic acid(10), Lauric acid(11), Trydecylic acid(12), Myristic acid(13), Pentadecylic acid(14), Palmitic acid(15), Margaric acid(16), Stearic acid(17), Arachidic acid(18), Heneicosylic acid(19), Behenic acid(20), Note: ** P<1%, * P<5%

6. táblázat

Egész lenmag kiegészítés hatása a termelt tej telítetlen zsírsavösszetételére a zsírsav-metilészter (%)

Zsírsavak(1)	Etetés előtt (n=15)(2)	Etetés után (n=15)(3)	t(4)	Szignifikancia(5)
	$\bar{X} \pm s$	$\bar{X} \pm s$		
Mirisztoleinsav(6)	0,90±0,21	1,60±0,24	1,619	0,181
Palmitoleinsav(7)	1,71±0,17	1,26±0,19	0,826	0,455
Elaidinsav(8)	2,19±0,42	1,38±0,46	3,185	0,033*
Olajsav(9)	22,65±1,17	25,81±1,61	7,039	0,002**
Linolsav(10)	2,78±0,24	2,57±0,19	1,471	0,215
γ-linolénsav(11)	0,02±0,01	0,06±0,07	1,294	0,265
Eikozénsav(12)	0,05±0,004	0,07±0,02	1,372	0,242
α-linolénsav(13)	0,27±0,03	0,60±0,05	10,939	0,000**
Linolsav c9t11(14)	0,52±0,04	0,62±0,05	8,913	0,001**
Eikozadiénsav(15)	0,03±0,01	0,04±0,01	3,138	0,035*
Eikozatriénsav(16)	0,14±0,02	0,14±0,05	0,167	0,876
Arachidonsav(17)	0,17±0,02	0,18±0,03	0,667	0,541
Dokozapentaénsav(18)	0,90±0,21	1,60±0,24	1,619	0,181

Megjegyzés: ** P<1%, * P<5%

Table 6: The effect of the whole linseed supplement on the unsaturated fatty acid composition in fatty acid methyl ester (%)

Fatty acids(1), Control(2), Whole linseed (3), t-value (4), Significance (%) (5), Myristoleic acid(6), Palmitoleic acid(7), Elaidic acid(8), Oleic acid(9), Linoleic acid(10), γ-linolenic acid(11), Eicosenoic acid(12), α-linolenic acid(13), Linoleic acid c9t11(14), Eicosadienoic acid(15), Eicosatrienoic acid(16), Arachidonic acid(17), Docosapentaenoic acid(18), Note: ** P<1%, * P<5%

A tej telítetlen zsírsavai közül a repcemag etetését követően nagymértékű olajsavtartalom növekedést igazoltunk. A tej egyszeresen telítetlen olajsavtartalmának változását statisztikailag is bizonyítottuk.

Az egész, kezeletlen lenmag adagolása során a tej-zsírsavban a telített zsírsavak közül a kaprilsav, kaprinsav, laurinsav, mirisztinsav, palmitinsav, és a margarinsav tartalomban volt csökkenés. A telítetlen zsírsavak esetében több mint kétszeres növekedés figyelhető meg az α-linolénsav tartalomban, amely a lenmag magas α-linolénsav tartalmára vezethető vissza. Ugyanakkor az etetést követően az α-linolénsav tartalom mellett az olajsav, a c9,t11 konjugált linolsav és az eikozadién-sav tartalom is emelkedett.

Összegezve a kísérlet tapasztalatait elmondható, hogy mind a telített, mind a telítetlen zsírsavak mennyiségében tapasztalt változások megfeleltek az irodalmi adatoknak. A tej zsírsav-összetételének változásában az előző kísérleteinkben is hasonló tendenciákat tudtunk megállapítani. A palmitinsav és a sztearinsav, mint az állati szervezetben legnagyobb mennyiségben előforduló zsírsav (Csapó és Kiss, 2002) csökkenése kiemelkedő lehet egy lehetséges funkcionális termék előállításának szempontjából. Kutatásunk eredményeként a megváltozott zsírsav-összetétellel rendelkező tej alapja lehet egy későbbi termékfejlesztésnek.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatási cél megvalósítására a 2007-ben meghirdetett Jedlik Ányos program keretein belül volt lehetőség.

A TEJUT08 pályázatot, amely a hazai tejtermelés versenyképességének növelésére irányult, az NKFP támogatta.

IRODALOM

- Bíró L.–Antal M. (2002): A tejfogyasztás élettani hatásai. Új Diéta. 1. 12: 11–13.
- Caroprese, M.–Marzano, A.–Enrican, G.–Wattegedera, S.–Albenzio, M.–Sevi, A. (2009): Immune response of cows fed polyunsaturated fatty acids under high ambient temperatures. *Journal of Dairy Sciences*. 92. 6: 2796–2803.
- Caroprese, M.–Marzano, A.–Marino, R.–Gliatta, G.–Muscio, A.–Sevi, A. (2010): Flaxseed supplementation improves fatty acid profile of cow milk. *Journal of Dairy Sciences*. 93. 6: 2580–2588.
- Csapó J.–Kiss, Cs. Zs. (2002): Tej és tejtermékek a táplálkozásban. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 243.
- Csapó J.–Visi V. É.–Kiss Cs. Zs.–Szakály S. (2003): Tej és tejtermékek konjugált linolsav-tartalma. 1. Közlemény: A nyerstej, a sajt, a vaj, egyéb tejtermékek és más élelmiszerek konjugált linolsav-tartalma. Állattenyésztés és Takarmányozás. 52. 2: 215–234.
- Collomb, M.–Sollberger, H.–Bütikofer, U.–Sieber, R.–Stoll, W.–Schäeren, W. (2004): Impact of a basal diet of hay and fodder beet supplemented with rapeseed, linseed and sunflowerseed on the fatty acid composition of milk fat. *International Dairy Journal*. 14. 12: 549–559.
- Demeyer, D.–Doreau, M. (1999): Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids. *Proceedings of the Nutrition Society*. 58. 3: 596–607.
- Fébel H.–Várhegyi I. (2007): A tejzsír zsírsav-összetételének módosítása: lehetőségek, korlátok, táplálkozás-élettani szempontok. Tudományos Kollokvium. Az MTA Élelmiszertudományi Komplex Bizottsága a Központi Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet és a Magyar Élelmézipari Tudományos Egyesület közös rendezésében. 2007. április 27. 326.
- Gundel J. (2006): Takarmányozás és élelmiszerminőség. Állattenyésztés és Takarmányozás. 55: 5–14.
- Hurtaud, C.–Faucon, F.–Cuvreur, S.–Peyraud, J. L. (2010): Linear relationship between increasing amounts of extruded linseed in dairy cow diet and milk fatty acid composition and butter properties. *Journal of Dairy Sciences*. 93. 4: 1429–1443.
- Lawless, F.–Murphy, J. J.–Harrington, D.–Devery, R.–Stanton, C. (1998): Elevation of conjugated cis-9, trans-11-octadecadienoic acid in bovine milk because of dietary supplementation. *Journal of Dairy Science*. 81. 12: 3259–3267.
- Mansbridge, R. J.–Blake, J. S. (1997): Nutritional factors affecting the fatty acid composition of bovine milk. *British Journal of Nutrition*. 78. 1: 37–47.
- Murphy, J. J.–McNeill, G. P.–Conolly, J. F.–Gleeson, P. A. (1990): Effect on cow performance and milk fat composition of including full fat soyabeans and rapeseeds in the concentrate mixture for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Research*. 57. 3: 295–306.
- Murphy, J. J.–Conolly, J. F.–McNeill, G. P. (1995a): Effects on milk fat composition and cow performance of feeding concentrates containing full fat rapeseed and maize distillers grains on grass-silage based diets. *Livestock Production Science*. 44. 1: 1–11.
- Murphy, J. J.–Conolly, J. F.–McNeill, G. P. (1995b): Effects of performance and milk fat composition of feeding full fat soyabeans and rapeseeds to dairy cows at pasture. *Livestock Production Science*. 44. 1: 13–25.
- Oba, M.–Thangavelu, G.–Dehghan-banadaky, M.–Ambrose, D. J. (2009): Unprocessed whole flaxseed is as effective as dry-rolled flaxseed at increasing α -linolenic concentration in milk of dairy cows. *Livestock Science*. 122. 1: 73–76.
- Petit, H. V. (2002): Digestion, milk production, milk composition, and blood composition of dairy cows fed whole flaxseed. *Journal of Dairy Science*. 85: 1482–1490.
- Petit, H. V. (2003): Digestion, milk production, milk composition, and blood composition of dairy cows fed formaldehyde treated flaxseed or sunflower seed. *Journal of Dairy Science*. 86: 2637–2646.
- Petit, H. V.–Germiquet, C.–Lebel, D. (2004): Effect of feeding whole, unprocessed sunflower seeds and flaxseed on milk production, milk composition, and prostaglandin secretion in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 87: 3889–3898.
- Petit, H. V.–Côté, C. (2010): Milk production and composition, milk fatty acid profile, and blood composition of dairy cows fed whole or ground flaxseed in the first half lactation. *Animal Feed Science and Technology*. 158. 1–2: 36–43.
- Pulina, G.–Nudda, A.–Battacane, A.–Cannas, A. (2006): Effects of nutrition on the contents of fat protein, somatic cells, aromatic compounds and undesirable substances in sheep milk. *Animal Feed Science and Technology*. 131. 3–4: 255–291.
- Rego, O. A.–Alves, S. P.–Antunes, L. M. S.–Rosa, H. J. D.–Alfaia, C. F. M.–Prates, J. A. M.–Cabrita, A. R. J.–Fonseca, A. J. M.–Bessa, R. J. B. (2009): Rumen biohydrogenation-derived fatty acids in milk fat from grazing dairy cows supplemented with rapeseed, sunflower, or linseed oils. *Journal of Dairy Sciences*. 92. 9: 4530–4540.
- Schmidt J. (1999): A takarmányok minőségét befolyásoló tényezők és hatásuk az állati termékek minőségére. *Agro-21 Füzetek*. 30: 20–31.
- Schmidt, J.–Húsvéth, F.–Sipőcz, J.–Fábián, J. (2008): Dietary manipulations to increase the concentration of conjugated linoleic acid in milk. *Acta Alimentaria*. 37. 1: 53–63.
- Steele, W.–Noble, R. C.–Moore, J. H. (1971): The effects of 2 methods of incorporating soybean oil into the diet on milk yield and composition in the cow. *Journal of Dairy Research*. 38. 1: 43–48.
- Szakály Z.–Berke Sz. (2004): A táplálkozás, a minőség és a marketing kapcsolata élelmiszereknél. [In: Berács J. et al. (szerk.) Marketingelmélet a gyakorlatban.] KJK Kerszöv. Budapest. 319–332.
- Zachut, M.–Arieli, A.–Lehrer, H.–Livshitz, L.–Yakoby, S.–Moallem, U. (2010): Effects of increased supplementation of n-3 fatty acids to transition dairy cows on performance and fatty acid profile in plasma, adipose tissue, and milk fat. *Journal of Dairy Science*. 93. 12: 5877–5889.
- Weil, P.–Schmitt, B.–Chesneau, G.–Daniel, N.–Safraoui, F.–Legrand, P. (2002): Effects of introducing linseed in livestock diet in blood fatty acid composition of consumers of animal products. *Annals of Nutrition and Metabolism*. 46. 5: 182–191.

